UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA
FACULDADE UNB/PLANALTINA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS

Lições de Física

Matéria e Radiação: Uma Abordagem Contextualizada ao Ensino de Física

Marcelo David Silva de Mesquita

Proposta de ação profissional resultante da dissertação realizada sob a orientação da Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de concentração: Ensino de Física, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Brasília, DF

Março/2011

Apresentação

O material que você tem em mãos neste momento é fruto do meu trabalho de dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, realizado sob a orientação do Prof. Dr. Cássio Costa Laranjeiras. Trata-se de uma proposta de Material Didático Instrucional (MDI) constituído na forma do que denominamos "Lições de Física", e tem como objetivo servir de apoio a todos os colegas-professores interessados na temática da inserção da Física Moderna e Contemporânea na sala de aula.

Para além da mera superposição de novos tópicos àqueles já existentes nas grades curriculares convencionais do Ensino Médio, defende-se a perspectiva de que uma releitura dos conteúdos curriculares de Física voltados para esse nível de ensino pode indicar potenciais caminhos para uma abordagem contemporânea, inovadora, dinâmica e contextualizada da Física.

A perspectiva educacional de Paulo Freire constitui-se aqui em um referencial de natureza pedagógica, que nos permitiu reunir e incorporar elementos dialógicos às nossas reflexão e proposta. No campo mais propriamente epistemológico, fomos norteados pela Epistemologia Histórico-Crítica de Gaston Bachelard, em cujas categorias conceituais fomos buscar referências, também constitutivas e essenciais ao trabalho didático-pedagógico com a Física.

As três "Lições de Física" aqui propostas exploram o tema "Matéria e Radiação".

Boa Leitura! Bom Estudo! Boas reflexões! E Bom Trabalho!

Seus comentários, críticas, experiências e sugestões serão bem vindos. Basta entrar em contato pelo email marcelo.prof.fis@gmail.com

Um forte abraço,

Marcelo Mesquita

Sumario

1 - A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio – O estado da arte.

Na primeira metade da década de 1990, propostas e trabalhos apresentados em diversos encontros científicos nacionais e internacionais sobre o ensino de Física (SNEF, EPEF, RELAEF, REF, ENSEÑANZA, GIREP)[1] levantaram discussões acerca das possíveis inovações e tendências necessárias ao currículo do Ensino Médio (CARVALHO e VANNUCCHI, 1995). Nesses encontros começavam a se delinear as tentativas de inclusão da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no currículo do Ensino Médio, deixando evidente a necessidade de a escola integrar-se ao mundo atual e, ao mesmo tempo, preparar o aluno para conviver em uma sociedade em que os conhecimentos científicos e a capacidade de utilizar diferentes tecnologias são fundamentais.

A proposta dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio (BRASIL, 1999) estabelece como objetivo principal o desenvolvimento pelo aluno de competências específicas em Física, em decorrência do aprendizado dessa disciplina e das tecnologias a ela relacionadas, sendo, dessa forma, imprescindível que o estudante do Ensino Médio (EM) conheça os fundamentos da tecnologia atual, já que ela atua diretamente em sua vida. É só imaginar como temos o mundo ao alcance de nossos dedos com um pequeno telefone celular, coisa que foi possível com o advento de técnicas sofisticadas, que utilizam materiais de alta tecnologia desenvolvidos a partir do século XX. Daí, a importância de se introduzir conceitos

[1] SNEF: Simpósio Nacional de Ensino de Física, EPEF: Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física, RELAEF: Reunião Latino-Americana sobre Educação em Física, REFs: Reunión Nacional de Educación en la Física , Revista Enseñanza de las Ciencias, GIREP: Groupe International de Recherche sur l’enseignement de la Physique .

básicos de FMC como forma de proporcionar ao aluno uma compreensão do mundo. No entanto, o ensino de Física, atualmente, ainda está dissociado do que há de mais tecnológico em nossa sociedade, sendo pouco abordado em sala de aula, não permitindo ao aluno uma leitura da realidade Física.

2 - Freire e Bachelard: O Pedagógico e o Epistemológico Apontando Caminhos.

Como referencial teórico, sobretudo no que diz respeito a aspectos mais propriamente pedagógicos do processo educativo, referenciamo-nos em Paulo Freire e na sua ênfase quanto à importância do diálogo como elemento fundacional do processo educativo.

Em contraposição a "educação bancária", que situa o educando como um mero receptor de informações advindas do professor, Freire nos remete a uma "educação libertadora", aquela que é alicerçada no diálogo como elemento norteador do processo educativo, nos objetos de conhecimentos como mediador desse diálogo e na necessidade de inserção do educando como sujeito das ações educativas.

Segundo Freire,

> nela (na educação bancária), o educador aparece como seu indiscutível agente, como o seu real sujeito, cuja tarefa indeclinável é "encher" os educandos dos conteúdos de sua narração. Conteúdos que são desconectados da totalidade em que se engendram e em cuja visão ganhariam significação. (FREIRE, 2005, p. 65).

Uma educação nesses termos, além de conduzir os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado, torna-se um ato de mero depósito de supostos saberes, em que os educandos são os depositários e o educador o depositante (Freire, 2005).

Sobre esse aspecto, "*o educador não tem o senso do fracasso justamente porque se acha um mestre.*" (Bachelard, 1996, p.24).

Paulo Freire afirma

> quanto mais se exercitem os educandos no arquivamento dos depósitos que lhes são feitos, tanto menos desenvolverão em si a consciência crítica de que resultaria a sua inserção no mundo, como transformadores dele. Como sujeitos. (FREIRE, 2005, p. 68).

Ao contrário da educação bancária, a educação libertadora, problematizadora é realizada pelo professor com o aluno, considerando o educando como sujeito da ação educativa, ou seja, a educação é com o educando e não sobre educando, em que o diálogo deve ser uma constante na educação problematizadora. É por meio do diálogo que os homens são capazes de construir o mundo, sendo o diálogo, uma exigência existencial (Freire, 1978).

Em "A formação do Espírito Científico", Bachelard aborda, sobretudo, a noção de "obstáculo epistemológico", apontando as condições psicológicas do processo de construção do conhecimento científico, o psiquismo humano apresentando fortes resistências em abandonar velhas ideias e aceitar as novas. *"Por isso é grande nosso mau humor quando vêm contradizer nossos conhecimentos primários, quando querem mexer no tesouro pueril obtido por nosso esforço escolar." (Bachelard, 1996, p. 51).* Nesse processo, observam-se lentidões e conflitos que representam obstáculos na aquisição do conhecimento científico. É contra esses obstáculos que o "espírito" deve lutar, pois

> é aí que mostraremos causas de estagnação e até de regressão, detectaremos causas da inércia às quais daremos o nome de obstáculos epistemológicos (...) o ato de conhecer dá-se contra um conhecimento anterior, destruindo conhecimentos mal estabelecidos, superando o que, no próprio espírito, é obstáculo à espiritualização. (BACHELARD, 1996, p.17)

Ele defende também que o conhecimento real nunca é imediato e pleno, pois existem obstáculos que se incrustam no que cremos saber, em conhecimentos mal questionados, e acabam ofuscando o que deveríamos saber, afirmando que o conhecimento do real é luz que sempre projeta algumas sombras.

Bachelard aponta para a questão do ensino, embora não tenha se dedicado a escrever nenhum livro tratando especificamente da educação, menciona que o trabalho educativo consiste essencialmente em uma relação dialógica, em que *"todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento cientifico"* (BACHELARD, 1996, p. 18).

Esse conhecimento não deve se dar por meio de um intercâmbio de ideias, mas sim a partir de sua construção, que não deve basear-se na opinião, sendo antes de tudo, preciso destruí-la. Este é o primeiro obstáculo a ser superado. Dessa forma, vemos mais uma vez, a educação não podendo basear-se no ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes (Freire, 1978).

É necessário ainda que formulemos com clareza as questões, pois o espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre que questões que não conhecemos. Assim, *"[...] na vida científica os problemas não se formulam de modo espontâneo [...] Nada é evidente. Nada é gratuito. Tudo é construído"* (BACHELARD, 1996, p.18).

Em consequência do exposto acima, a aprendizagem não deve possuir o caráter em que os educandos sentam-se passivamente para ver e ouvir. Assim podemos notar que há

uma conexão entre a dimensão epistemológica de Bachelard e a dimensão pedagógica de Freire, estando estas em contraposição a educação bancária, que se prende pelo acúmulo de informações. Na forma dialógica é necessária reconstrução do conceito a ser transmitido, não existindo a passagem do conceito por mera repetição do dito, como informações percorrendo uma correia de transmissão.

E na educação, a noção de obstáculo epistemológico é desconhecida, sendo alvo de crítica o desconhecimento de tais obstáculos por parte dos professores. Bachelard afirma:

> Acho surpreendente que os professores de Ciências, mais do que os outros se possível fosse, não compreendam que alguém não compreenda. (...) Não levem em conta que o adolescente entra na aula de Física com conhecimentos empíricos já constituídos; não se trata, portanto de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida quotidiana. (BACHELARD, 1996, pág. 23)

A construção de uma abordagem contextualizada da Física, na qual privilegia o diálogo, pode fazer uma adequada articulação entre diferentes conteúdos da Física no ensino médio, superando a tradicional perspectiva centrada na mera inclusão de novos tópicos agregados a organizações curriculares já existentes. A contextualização no ensino vem sendo defendida por diversos educadores, pesquisadores e grupos ligados à educação como um meio de possibilitar ao aluno uma educação para a cidadania. Os PCNs (BRASIL, 2002) ampliaram a discussão da contextualização no ensino de Ciências. O documento traz orientações que reforçam o estudo de contextos como ponto de partida para a articulação entre conhecimentos das disciplinas de cada uma das áreas.

Em 2006, foram publicadas as Orientações Curriculares para o Ensino Médio (BRASIL, 2006). Esse documento contribui para o debate sobre a contextualização como um pressuposto importante no ensino de Ciências, uma vez que tem o papel de mediar o diálogo entre as disciplinas, principalmente daquelas que tomam como objeto de estudo o

contexto real, situações de vivência dos alunos, os fenômenos naturais e artificiais e as aplicações tecnológicas.

Em função disso, a contextualização pensada por nós, se apresenta como forma de buscar a integração entre o saber científico e o cotidiano das pessoas, articulando diferentes dimensões do conhecimento científico.

3 - Lições de Física

O desafio que se nos apresenta aqui é o de, referenciado nas diferentes e complementares concepções teóricas discutidas no item anterior, organizar um Material Didático Instrucional (MDI) que possibilite ao professor um contato cultural com os conhecimentos de Ciência, mais especificamente da Física.

Nessa direção, pode-se desde já afirmar que as Lições de Física, que serão aqui apresentadas na forma de uma proposição didática, se constituem inicialmente como um ***Material Didático Instrucional*** (MDI). Isso implica compromissos, intencionalidades pedagógicas que se organizam em uma estrutura constituída de três momentos pedagógicos, a saber:

i. **Contextualização Inicial**;

ii. **Construção do Conhecimento**;

iii. **Síntese e Aplicação do Conhecimento**.

A Contextualização Inicial é o momento em que se busca o sentido do conhecimento, momento em que são levantadas questões, cujas respostas constituirão o conhecimento apreendido. Resgata-se aqui a dimensão epistemológica de Bachelard, para quem, “todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houver questão não pode haver conhecimento científico”

(BACHELARD, 1996, p. 18). Essa etapa merece total atenção; nela são levantadas uma série de questões iniciais dentro do contexto do estudante relacionada ao tema de FMC, como forma de que a busca dessas respostas seja uma necessidade por parte deles e um exercício de reflexão individual, ao passo que vai se tornando coletiva, pois nesse momento alimenta-se o diálogo junto ao processo de busca do conhecimento entre os que estão presentes na discussão, sempre intercalando perguntas e atividades a realizar. Dessa forma, julgamos que os alunos sentir-se-ão desafiados, permitindo construir significado e dar sentido ao objeto de conhecimento.

Nesse momento procura-se inserir o aluno o mais próximo possível de um contexto relevante dentro de sua realidade, incentivando e despertando a curiosidades dos mesmos durante as aulas, como forma de proporcionar uma maior participação e interação entre eles e o conhecimento, tentando levar ao ponto de perceberem a necessidade de buscar mais informações.

ii) Construindo o conhecimento - momento de organização e construção do conhecimento junto aos estudantes. Encaramos como um desafio de transposição didática e comprometimento com o conhecimento na sua integridade. Nesse instante, não esperamos expor as "coisas da Física", mas a "Física das coisas" num diálogo permanente, proporcionando uma melhor compreensão do mundo que estamos inseridos. Esse é o momento em que o aluno é apresentado ao contexto histórico como forma de resgatarmos a história da ciência e não a história do tema, sendo apresentados aos fatos, aos experimentos, situações e estudiosos envolvidos, para analisar e interpretar as situações propostas, tendo como consequência a construção/reconstrução do conhecimento a partir das atividades propostas nesse momento.

iii) Síntese e aplicação do conhecimento - a partir do conhecimento construído, o estudante volta com um olhar mais potente para enxergar o mundo. Esse é o momento em

que se fazem muitos vínculos, muitos “porquês” encontram respostas, os alunos interagem e expõem suas ideias, desenvolvendo a linguagem adequada para entender melhor aquilo que ouvem. Esse momento é fundamental para que o aluno analise criticamente a aplicação dos conhecimentos aprendidos na sociedade, oferecendo novas oportunidades de aprender para que se possa estimular a realização de novas atividades.

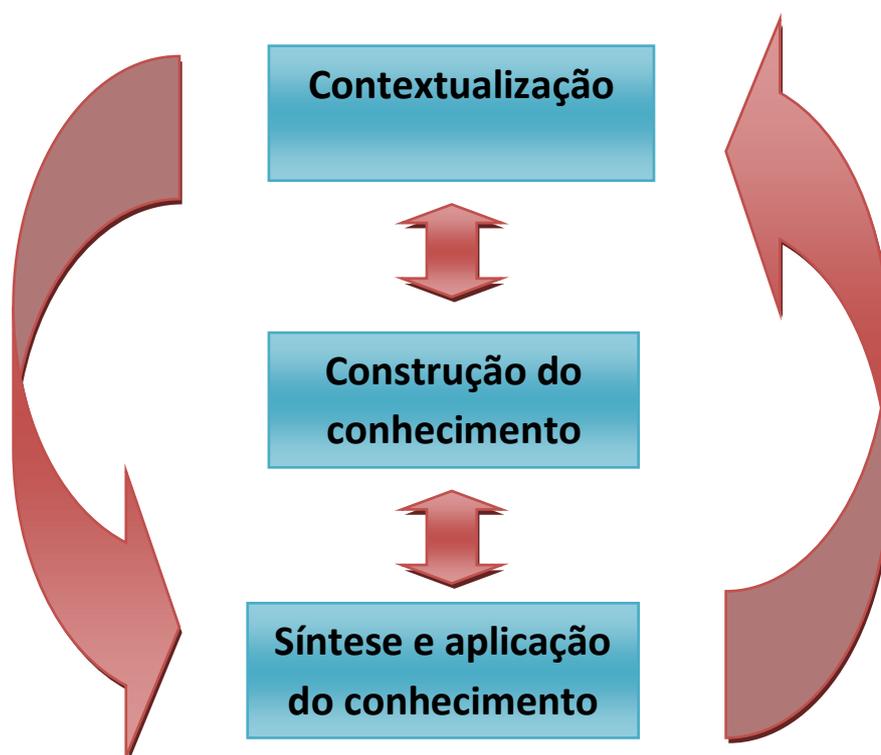



Figura 1 – Momentos pedagógicos.

.A produção das lições envolve um processo contínuo e dinâmico de ação como mostra a figura acima, em que cada momento está relacionado ao outro por meio de uma seta bi-direcional, mostrando a interdependência dos três momentos e a reflexão que é um dos fatores essenciais da proposta das lições é a incorporação do diálogo em cada um desses momentos.

Lição 1 (planejamento/orientações ao professor)

IDENTIFICAÇÃO			
Autores	**Título**	**Instituição**	**UF**
Marcelo David Silva de Mesquita	Do que o mundo é feito?	IFD/UnB	DF
NÍVEL EDUCAÇÃO BÁSICA			
☐ Educação Infantil	☐ Ensino Fundamental	☒ Ensino Médio	
Modalidade de Ensino			
☒ Presencial ☐ Distância ☐ Misto			
Série e/ou Contexto Indicados			

☐ 1ª Série ☐ 2ª Série ☐ 3ª Série

☒ EJA ☐ Ampliação da jornada escolar

☐ Avaliação Institucional ☒ Formação continuada de professor

☐ Gestão Educacional

Tecnologia Educacional

1. OBJETIVOS

Proporcionar ao aluno uma compreensão da constituição e organização da matéria e suas especificidades, relacionando-as aos modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas.

2. Orientações ao Professor

Nessa lição, o aluno deve ser levado a uma reflexão sobre o que constitui tudo e todos, levantando hipóteses sobre a constituição da matéria. Como sugestão de leitura para o professor, há um artigo de Marco Antônio Moreira, pesquisador na área de Ensino de Ciências, que fala sobre o Modelo Padrão. Nesse artigo, disponível na internet no site da *Revista Brasileira de Ensino de Física*, haverá um quadro de resumo das partículas fundamentais que constituem a natureza em toda sua complexidade e beleza.

O estudo dessa lição pode ser realizado num círculo (roda de leitura), onde cada aluno fica responsável pela leitura de um trecho do texto. No decorrer do texto são propostas algumas questões, o professor deve debater com os alunos as possíveis respostas às

situações apresentadas, antes, porém, é importante que os alunos elaborem suas próprias respostas em grupo ou individualmente.

3. LEITURA COMPLEMENTAR

RICHARD P. FEYNMAN. **Física em 12 lições, fáceis e não tão fáceis**. Editora Ediouro.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

FEYNMAN Richard P. **Lições de Física de Feynmann**: edição definitiva/Richard P. Feynman, Robert B. Leighton, Matthew Sands; tradução Adriana Válio Roque da Silva ... [et al.]. – Porto Alegre: Bookman, 2008. 1 v.

MOREIRA, Marco Antonio. **O Modelo Padrão da Física de Partículas.** Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 1, Apr. 2009.

http://www.sprace.org.br/AventuraDasParticulas/index.html

Lição 2 (planejamento/orientações ao professor)

IDENTIFICAÇÃO			
Autores	**Título**	**Instituição**	**UF**
Marcelo David Silva de Mesquita	**Lição 2** Radiação - Uma informação a cerca do mundo	IFD/UnB	DF
NÍVEL EDUCAÇÃO BÁSICA			
☐ Educação Infantil	☐ Ensino Fundamental	☒ Ensino Médio	
Modalidade de Ensino			
☒ Presencial ☐ Distância ☐ Misto			
Série e/ou Contexto Indicados			

☐ 1ª Série ☐ 2ª Série ☐ 3ª Série

☒ EJA ☐ Ampliação da jornada escolar

☐ Avaliação Institucional ☐ Formação continuada de professor

☐ Gestão Educacional

1. OBJETIVOS

Proporcionar um melhor entendimento ao estudante sobre os diferentes tipos de radiações presentes na vida cotidiana, reconhecendo sua sistematização no espectro eletromagnético (das ondas de rádio aos raios gama) e sua utilização através das tecnologias a elas associadas (rádio, forno de microondas, etc.).

2. Orientações ao professor

É apresentada uma seqüência de situações cotidianas associadas com questões que tem como objetivo de desafiar o aluno, inseri-lo dentro da temática da radiação, assim dá início ao processo dialógico. O professor terá como obstáculos epistemológicos o fato de não podermos enxergar as radiações, cheirá-las, ou mesmo senti-las, o que não quer dizer que não existam. E como forma de produzir rupturas, serão propostas atividades ao decorrer da lição com experimentos simples, embasados teoricamente, que demonstrem a existência e a captação das ondas eletromagnéticas. Um desses experimentos consiste em produzi-las e medir seu comprimento de onda, bem como determinar a velocidade de propagação dessas ondas.

3. ATIVIDADE

Construção de um rádio roncador e determinação do comprimento de onda utilizando um forno de microondas.

4. LEITURA COMPLEMENTAR

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARRUDA S. M. e FILHO, D. O. T. **Laboratório Caseiro de Física Moderna.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, edição especial: p. 390-394, nov.2004.

CAVALCANTE M. A. e TAVOLARO C. R. C. **Uma oficina de Física Moderna que vise a sua inserção no ensino médio**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, edição especial: p. 372-389, nov.2004.

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

ERTHAL, J. P. C.; LINHARES, M. P. **Proposta de ensino de tópicos sobre radiações eletromagnéticas para o ensino médio**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 25, n. 2: p.247-265, ago. 2008.

Lição 3 (planejamento/orientações ao professor)

IDENTIFICAÇÃO			
Autores	**Título**	**Instituição**	**UF**
Marcelo David Silva de Mesquita	**Lição 2** Radiação - Uma informação a cerca do mundo	IFD/UnB	DF

NÍVEL EDUCAÇÃO BÁSICA		
☐ Educação Infantil	☐ Ensino Fundamental	☒ Ensino Médio

Modalidade de Ensino
☒ Presencial ☐ Distância ☐ Misto

Série e/ou Contexto Indicados

☐ 1ª Série ☐ 2ª Série ☐ 3ª Série

☒ EJA ☐ Ampliação da jornada escolar

☐ Avaliação Institucional ☒ Formação continuada de professor

☐ Gestão Educacional

1. OBJETIVOS

- Tornar compreensivo alguns processos de interação das radiações com meios materiais para explicar fenômenos envolvidos em, por exemplo, fotocélulas.
- Fazer com que o aluno identifique a presença de componentes eletrônicos, como semicondutores, por exemplo, o transistor.

2. Orientações ao professor

Nesta lição iniciamos o desenvolvimento do contexto da impossibilidade de explicação do efeito fotoelétrico a partir do modelo ondulatório da luz. Tratando a luz como composta por diminutas partículas chamadas fótons. Trata, portanto, da interação da radiação com a matéria.

Da mesma forma que a **lição 1**, o estudo dessa lição pode ser realizado num círculo (roda de leitura), onde cada aluno fica responsável pela leitura de um trecho do texto. No decorrer do texto são propostas algumas questões, o professor deve debater com os alunos as possíveis respostas às situações apresentadas, antes, porém, é importante que os alunos

elaborem suas próprias respostas em grupo ou individualmente.

3. ATIVIDADE

Proposta de construção de um sistema automático de iluminação usando alguns dispositivos elétricos.

4. LEITURA COMPLEMENTAR

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

http://www.lla.if.sc.usp.br/ensino/down/eletricidade-25-48.pdf

EINSTEIN, A. & INFELD, L. **Evolução da Física**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara, 2008.

Lição 1 – Do que o mundo é feito?

Do que o mundo é feito?

Essa é uma pergunta que tem sido feita pela humanidade há mais de 2.000 anos. Por volta do ano 400 a.C., o filósofo grego Demócrito, num passeio à beira mar, sentiu-se curioso e começou a se questionar sobre os grãos de areia que ele via na praia.

Quantos grãos de areia é possível que existam em todas as praias da Terra?

Qual será o tamanho do menor grão de areia existente no mundo?

Agora pare e pense um pouco...Você já havia se colocado essas questões?

Na realidade, a grande preocupação de Demócrito era com a ***composição do Universo***. Afinal de contas, como era composta aquela grande variedade de formas, texturas, corpos, seres, etc., que ele tinha a sua frente?

Imaginemos a seguinte situação:

Pegue um biscoito de polvilho, daqueles redondinhos, e parta-o ao meio. Depois, parta ao meio uma das metades. Em seguida, parta a nova metade ao meio e continue assim enquanto for possível!

Onde você vai chegar?

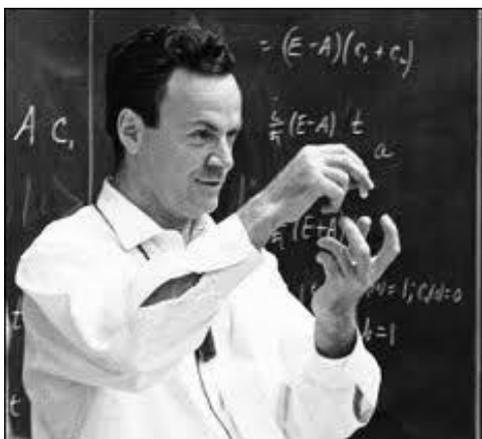
Provavelmente num bocado de farelo bem fininho, cujos grãos você não conseguirá dividir.

Foi exatamente dessa maneira que Demócrito pensou: "Se eu dividir cada vez mais um grão de areia vou chegar a um ponto em que ele não se divide mais. Uma parte indivisível, atômica (a = não; tomos = divisão), o ***átomo*.**

Do menor dos grãos de areia, à maior estrela, tudo é na verdade um conglomerado de alguns tijolos fundamentais de construção da natureza, os átomos.

Mas serão os átomos as menores partículas encontradas na natureza? Serão realmente eles, os átomos, tijolos fundamentais de construção, não sendo constituídos por nada menor?

A matéria, como estamos discutindo, é composta por *átomos*, só não sabíamos que estes por sua vez eram compostos por partículas ainda menores, os elétrons envolta de um "caroço" central, o núcleo atômico. Por parecer pequeno, sólido e denso, os cientistas pensaram originalmente que o núcleo era indivisível. Mais tarde, descobriram que ele era feito de prótons (p), que são carregados positivamente, e nêutrons (n), que possui carga total zero.

Essa ***hipótese atômica***, de grande importância, foi salientada em 1963 por *Richard Feynman*. Abaixo se encontra um trecho de um dos seus livros "The Feynman lectures on Physics":

"Se, em algum cataclismo, todo o conhecimento científico fosse destruído e apenas uma sentença fosse passada adiante para as próximas gerações de criaturas, que enunciado conteria mais informações em menos palavras? Acredito que seja a hipótese atômica (ou o fato atômico, ou como quiser chamá-lo) de que todas as coisas compõe-se de átomos – pequenas partículas que se deslocam em movimento perpétuo, atraindo umas às outras quando estão a certa distância, mas repelindo-se quando comprimidas umas contra as outras. Nessa única sentença, você verá, existe uma enorme quantidade de informação sobre o mundo, bastando que apliquemos um pouco de imaginação e raciocínio."

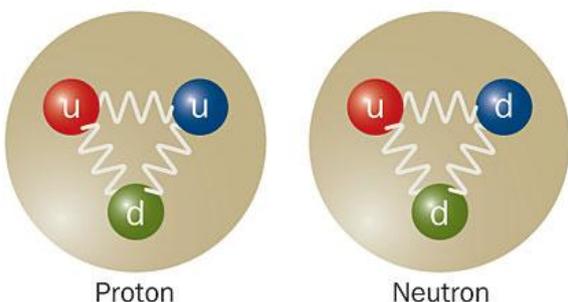
Então serão os prótons, nêutrons e elétrons, os menores constituintes da matéria?

Como vimos, prótons e nêutrons estão localizados em uma pequena região chamada núcleo atômico, e por algum tempo, pensou-se que essas partículas, prótons e nêutrons, fossem

fundamentais, ou seja, não possuíam estrutura interna, que não pudessem ser “quebrados”. Mas, no início da década de 70, ficou evidenciado que essas duas partículas, prótons e nêutrons por sua vez, também têm estrutura interna. São constituídas por partículas menores, chamadas quarks.

De acordo com o modelo aceito hoje, o chamado ***Modelo Padrão***, tudo o que há no universo, em toda a sua beleza e complexidade é resultado da combinação de algumas poucas partículas que formam a matéria, onde não somente fazem parte os quarks, mas também os léptons.

De acordo com o Modelo Padrão, ***quarks* e *léptons*** são partículas verdadeiramente elementares, no sentido de não possuírem estrutura interna. Ha seis léptons *(elétron, múon, tau, neutrino do elétron, neutrino do múon e neutrino do tau)* e seis quarks (quark *up* (*u*) quark *down* (*d*), quark *charme*(*c*), quark *estranho* (*s*), quark *bottom* (*b*) e quark *top* (*t*)).

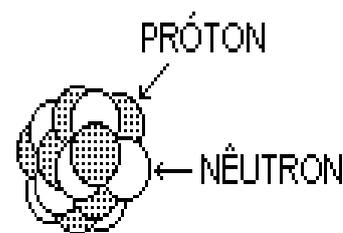
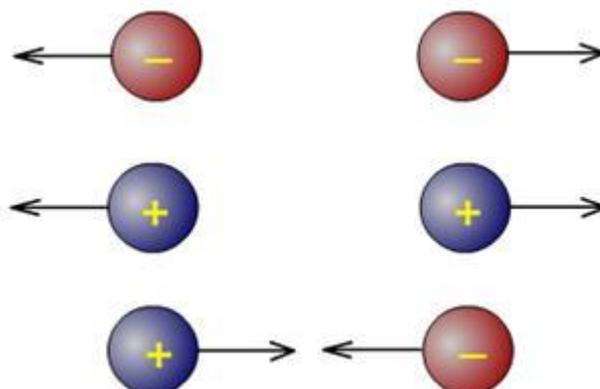
Assim, prótons e nêutrons possuem estrutura interna e são chamados de *hádrons*, uma categoria de partículas que possuem estrutura interna constituídos de quarks.

Dentre os léptons, o elétron é o mais conhecido. Prótons e nêutrons, que se enquadram na categoria de hádrons são os mais familiares. A estrutura interna do próton é *uud*, ou seja, dois quarks *u* e um *d*; a do nêutron é *udd*, isto é, dois quarks *d* e um *u*.

No *novo modelo atômico*, os elétrons estão em constante movimento em torno do núcleo; os prótons e os nêutrons vibram dentro do núcleo e os quarks vibram dentro dos prótons e nêutrons.

Uma característica peculiar dos quarks é que eles têm carga elétrica fracionaria, (+ 2/3 *e*) para alguns tipos e (1/3 *e*) para outros. No entanto, *quarks nunca foram detectados livres, estão sempre confinados* em hádrons, de tal modo que a soma algébrica das cargas dos quarks que constituem um determinado hádron e sempre um múltiplo inteiro de *e*. O próton, por exemplo, é formado por dois quarks de carga (+2/3 *e*) e um quark de carga (1/3 *e*) de modo que sua carga é (2/3, +2/3, l/3) *e*, ou, simplesmente, *e*. Quer dizer, o quantum da carga elétrica continua sendo *e* ($1,6 \cdot 10^{19}$ C), pois nunca foi detectada carga elétrica isolada que fosse uma fração da carga elementar. Até onde se sabe os quarks sempre aparecem unidos, formando os chamados hádrons.

De acordo ainda com o Modelo Padrão, quando dois corpos exercem forças mútuas (classicamente chamadas força de ação e força de reação), eles na verdade trocam partículas, que passam a ser mediadoras dos vários processos físicos que ocorrem no interior da matéria. A essas partículas, também fundamentais, damos o nome de **mediadoras** e assumem um importante papel no estudo das interações fundamentais, que vão desde forças atrativas e repulsivas, até decaimentos e aniquilações. A única diferença agora é que a força passa a ser interpretada como um efeito sobre uma partícula devido à presença de outra (s) partícula(s), passando a ser chamada de interação. Essa idéia geral de partículas sendo as transportadoras de força foi amplamente estendida na Física.

Os átomos geralmente têm o mesmo número de prótons e de elétrons. Eles são eletricamente neutros, isso porque os prótons existem em número igual ao dos elétrons.

Uma coisa que talvez você não tenha se perguntado até agora é como o núcleo composto de partículas de carga positiva, como os prótons, não se espalham, uma vez que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem.

O que manteria os prótons unidos contra a força de repulsão eletrostática? E como uma partícula iria interagir com a outra?

Foi essa questão que levou a um debate sobre a existência de uma força mais forte do que a elétrica. Essa força é a *nuclear forte*, sendo ela responsável pela estabilidade de núcleos atômicos, mantendo os prótons coesos dentro do núcleo do átomo. Essa força tem um raio de ação muito pequeno, cerca de 10^{-15}m. Sua partícula mediadora é *Glúon* que literalmente colam os quarks, formando os prótons e os nêutrons. Imagine o núcleo como uma mola fortemente comprimida, que é a repulsão elétrica, mantida no lugar por uma grande corda, que é a força nuclear forte. Embora exista uma grande quantidade de energia armazenada na mola, ela não pode liberar essa energia porque a corda é muito forte.

Existem outros fenômenos que ocorrem no interior do núcleo atômico que, embora também estejam relacionados com sua estabilidade, não poderiam ser explicados sem que leve a um debate sobre a existência de outra força, com características diferentes da força nuclear forte, essa força ainda teria um raio de ação menor que a da força nuclear forte.

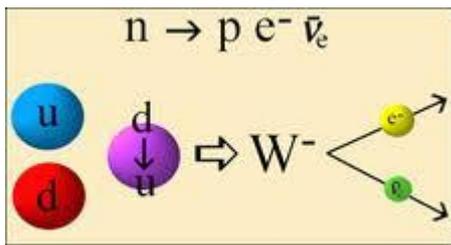
Mas que outros fenômenos acontecem no interior do núcleo que exigem a presença de um novo tipo de interação?

Se a força nuclear forte é a responsável pela estabilidade do núcleo atômico, então qual a finalidade de se pensar em uma nova força?

Certamente você já ouviu falar em radioatividade, não é?

A radioatividade é parte integrante da nossa vida. Alguns elementos químicos possuem a característica especial de emitir, espontaneamente, partículas de altas energias. A este fenômeno damos o nome de radioatividade e ao fazer isto, este átomo pode se transformar em outro elemento químico. O processo é chamado de **decaimento**.

A força responsável pela “degradação” radioativa desses núcleos atômicos recebe o nome de nuclear fraca e foi revelada como da mesma natureza da força eletromagnética, responsável pelas atrações e repulsões entre partículas dotadas de carga.

Na força nuclear fraca a partícula mediadora é o *Bóson* e seu raio de ação é cerca de 10^{-18}m. Enquanto que na força eletromagnética sua partícula mediadora é o *fóton* e seu raio de ação é infinito (veremos mais sobre essa interação eletromagnética e sua partícula mediadora na lição **3**).

O decaimento de um nêutron (udd) em um próton (uud), um elétron e um antineutrino, que tem carga nula e massa desprezível. Esse processo é chamado decaimento beta do nêutron. Na figura o bóson é representado pelo símbolo W^- e por $\bar{\nu}_e$ o antineutrino.

No universo e tudo que nele existe é regido por quatro tipos de interações fundamentais, nas quais já fazem parte a nuclear forte, nuclear fraca e a interação eletromagnética. A quarta interação, a **GRAVITACIONAL,** é a menos expressiva dentre as quatro. Da mesma forma que a interação eletromagnética, a interação gravitacional tem raio de ação infinito. E é por meio dela que é possível explicar desde a queda dos corpos á formação das estrelas e outros corpos celestes. A partícula mediadora, apesar de ainda não detectada, já tem nome: é o gráviton.

Na natureza, os Físicos acreditam que todas as forças resultam da interação de partículas, buscando dessa forma desenvolver uma imagem unificada de todas as forças.

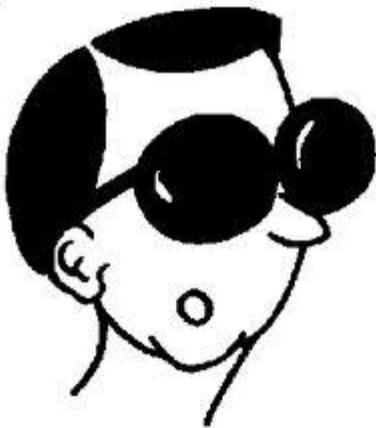
<table>
<tr><td colspan="4">MATÉRIA</td></tr>
<tr><td colspan="4">PARTÍCULAS DE MATÉRIA</td></tr>
<tr><td colspan="2">LÉPTONS (Férmions)</td><td colspan="2">QUARKS (Férmions)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">Elétron
Neutrino do elétron
Múon
Neutrino do múon
Tau
Neutrino do tau</td><td colspan="2">Quark up (u)
Quark down (d)
Quark charm (c)
Quark estranho (s)
Quark bottom (b)
Quark top (t)</td></tr>
<tr><td colspan="2">HÁDRONS</td></tr>
<tr><td>BÁRIONS</td><td>MÉSONS</td></tr>
<tr><td>três quarks</td><td>pares quark-antiquark</td></tr>
<tr><td colspan="4">FORÇAS (INTERAÇÕES) FUNDAMENTAIS</td></tr>
<tr><td>Eletromagnética</td><td>Fraca</td><td rowspan="2">Forte</td><td rowspan="2">Gravitacional</td></tr>
<tr><td colspan="2">Eletrofraca</td></tr>
<tr><td colspan="4">PARTÍCULAS DE FORÇA (Bósons)</td></tr>
<tr><td>Fótons</td><td>W & Z</td><td>Glúons</td><td>Grávitons (não detectados)</td></tr>
</table>

O quadro acima mostra um esquema simplificado para o Modelo Padrão em que procura esquematizar a constituição da matéria segundo esse modelo. Aí estão as doze partículas fundamentais, as quatro forças e as quatro partículas de força.

Lição 2 – Radiação – Uma informação a cerca do mundo

Radiação: Uma informação a cerca do mundo

Você seria capaz de explicar o que é a Luz para uma pessoa que não enxerga? Como você faria ?

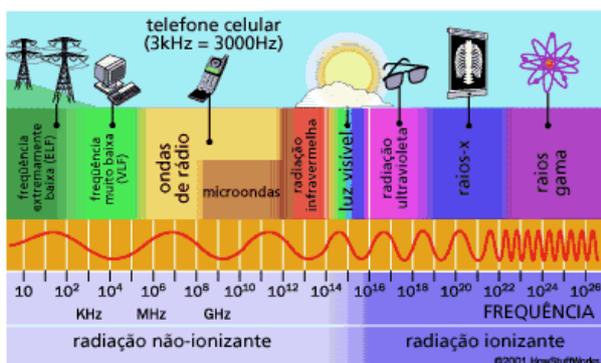
Alguma vez notou que um ferro quente em um quarto escuro aparentemente emite algum tipo de luz, embora não possamos considerá-lo um objeto luminoso?

A *luz* é essencial para termos a percepção do mundo que nos rodeia através da visão, que parece ser um dos sentidos mais importantes para o ser humano. E só podemos enxergar os objetos devido ao fato do olho humano possuir células sensíveis à luz e o cérebro decodificar as informações recebidas por estas células. Por essa razão uma pessoa mesmo dormindo é capaz de sentir a luz quando alguém abre a janela pela manhã.

No caso de um ferro de passar, mantendo as mãos a alguns centímetros dele, podemos imaginar que o calor sentido por nós seja a mesma coisa que luz. Está é, pois, uma suposição

correta: a radiação térmica (assim como é chamada as ondas de calor) é sem dúvida uma forma de luz conhecida como radiação infravermelha.

Um terço da energia radiante emitida pelo sol chega até nós em forma de radiação infravermelha, conhecida também como ondas de calor, outra parcela pequena dessa radiação emitida pelo sol, nos chega sob a forma de luz visível, viajando pelo espaço.

A luz pode ser definida como uma faixa do ***espectro de radiação*** que se estende desde as microondas até os *raios X* e *raios gama*. A luz que enxergamos só é uma pequena parcela desse espectro de radiação, ou seja, a maior parte da luz não é visível ao olho humano.

No espectro essas radiações são distribuídas pela freqüência ou pelo comprimento de onda, que é inversamente proporcional à freqüência. A linha vermelha, com forma senoidal, indica o comprimento de onda de cada radiação, assim os raios gama são os que possuem menor comprimento de onda.

A partir do espectro acima, notamos que existe uma variação ampla das *ondas eletromagnéticas*. O que precisamos entender é que as ondas eletromagnéticas estão em nossa volta o tempo todo, em todos os lugares, embora não possamos vê-las, senti-las, ou cheirá-las como no caso das microondas. Essas ondas só diferem uma das outras apenas pelo seu *comprimento de onda*. A velocidade de propagação *c* de uma onda eletromagnética é dada por:

$$c = \lambda \cdot f \ ,$$

onde $\boldsymbol{\lambda}$ representa o comprimento de onda e $\boldsymbol{f}$ sua freqüência.

Uma maneira de "enxergar" as ondas eletromagnéticas é da seguinte forma. Primeiro iremos precisar de um **forno de microondas**. Isso mesmo, um forno de microondas! Vai parecer até receita culinária.

Vamos usar um desses fornos para medir a velocidade da luz e poder comprovar a expressão acima. Mediremos o comprimento de onda da radiação do forno e uma vez que sabemos a freqüência dessas ondas, que normalmente constam escritas atrás, ou embaixo do forno (se não estiver visível, procure o manual do forno de microondas). O valor mais freqüente é 2,45 GHz ($2{,}45 \cdot 10^9$ Hz).

Primeiro use um forno sem rotação e sem espelho giratório. Como falei, vai parece receita culinária: pegue uma travessa de vidro pirex e ponha nela uma camada de uns dois centímetros de margarina, marchemelo ou cobertura de sorvete. Serve qualquer material comestível pastoso (**humm!!!**). Coloque no forno de microondas em potência baixa por alguns instantes, algo em torno de 4 a 10 segundos. Observe que alguns pontos ficaram ligeiramente derretidos. A distância entre estes dois pontos consecutivos representa a distância de dois máximos consecutivos da microonda, ou seja, corresponde ao comprimento de onda λ da microonda. Use a régua para medir esta distância aproximada, em centímetros. Você pode obter um resultado melhor usando as distâncias entre vários desses pontos vizinhos e calculando a média desses valores. Deve dar um número próximo de 10 a 15 centímetros (converta-o para metro).

Pronto! Temos a freqüência f e medimos o comprimento de onda λ Para saber a velocidade da onda eletromagnética basta multiplicar os dois: $c = \lambda \cdot f$.

Fazendo a medida com algum cuidado é possível obter um valor bem próximo de *300.000 km/s* = $3 \cdot 10^8$ m/s velocidade da microonda no ar.

Essa experiência simples nos permite determinar o valor aproximado da velocidade dessas ondas eletromagnéticas e que todas as ondas elas, inclusive as microondas, têm a mesma velocidade no vácuo. A luz, assim como as microondas são ondas eletromagnéticas, as quais possuem a mesma velocidade no vácuo, que é aproximadamente igual no ar. Só não vemos as microondas porque nossos olhos não são sensíveis a elas.

As ondas eletromagnéticas são usadas todos os dias de mil modos diferentes, como quando você ouvi rádio, ou vê televisão, quando se usa os olhos, ou até mesmo quando você é apanhado por radar por excesso de velocidade.

Figura - Sendo pego pelo radar!!!

Produzindo ondas de rádio

Parece esquisito, mas algo que a gente não vê consegue transportar informações pelo ar, é o caso das ondas de rádio. A previsão da existência dessas ondas foi feita por Maxwell e confirmada experimentalmente por Heinrich Hertz, em 1887, produzindo-as por meio de circuitos oscilantes.

Para termos idéia da importância da descoberta dessas ondas, é só imaginar um mundo hoje sem a telefonia celular, ou sem uma boa programação de TV. Você consegue imaginar isso?

Nem precisamos dizer que a descoberta dessas ondas foi importante para a comunicação entre as pessoas.

É importante tomarmos consciência de como estamos imersos em um mar de ondas como as de rádio. E você agora está convidado a produzi-las e entender um pouco mais a natureza dessas importantes ondas, mas, para isso, iremos precisar de alguns materiais. Vejamos a lista:

- duas pilhas
- suporte para pilhas
- dois pedaços de fio de cobre
- um rádio configurado em AM
- lima de lixar metal
- Bússola.

Agora é só montar o circuito como mostrado na figura abaixo e colocar o rádio fora de estação na menor freqüência possível.

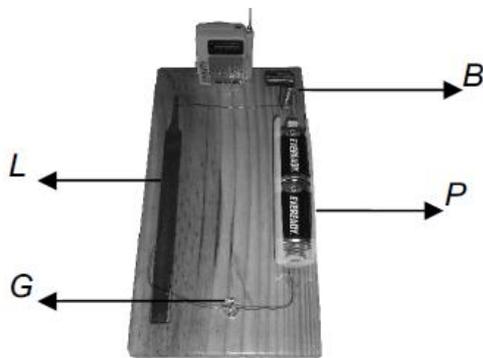
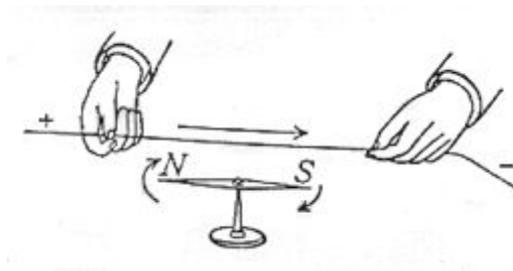



Figura – Rádio roncador

Na imagem acima, uma das extremidades da bobina (**B**), que consiste em um dos pedaços do fio enrolado de maneira circular, é ligada à lima (**L**) enquanto a outra extremidade é ligada ao pólo positivo do conjunto de pilhas (**P**). No pólo negativo está ligado um fio de cobre que passa por cima de uma bússola (**G**) tendo sua extremidade livre, para que possa ser raspado sobre a lima (**L**).

O procedimento de operação é bastante simples. Estando as pilhas colocadas de forma correta no suporte, basta raspar a extremidade do fio de cobre na lima. Enquanto o fio permanece ligado à pilha e em contato com a lima, dizemos que o circuito está fechado e por ele se estabelece uma *corrente elétrica*.

Sendo o condutor metálico, a corrente que se estabelece deve-se ao movimento de elétrons, constituintes da matéria. Ao rasparmos o fio ao longo da lima, a corrente elétrica sofre então várias interrupções, dizemos que a corrente elétrica neste caso é variável, gerando algumas faíscas durante o contato e, se mantivéssemos uma bússola nas proximidades do fio, notaríamos que haveria uma interação entre ela e o fio.

No ano de 1820, buscando uma relação entre eletricidade e magnetismo, Oersted já havia observado a interação entre a corrente e a bússola, devido ao movimento da agulha imantada na presença de um fio condutor por onde circulava corrente elétrica. Mostrava dessa forma que uma corrente elétrica produzia um campo magnético. E sendo a corrente elétrica variável, o campo magnético também será.

Um campo magnético variando no espaço gera um campo elétrico também variável, e este, por sua vez, induz outro campo magnético variável.

Essa indução de campos variáveis é a origem a uma onda eletromagnética.

Para que o rádio capte essas ondas é necessário que ele funcione na freqüência AM, captando as oscilações eletromagnéticas produzidas durante o contato do fio de cobre na lima e emitindo ruídos de acordo com a intensidade do contato, simulando um telégrafo.

Maxwell calculou a velocidade com que essas ondas se propagavam pelo espaço encontrando um valor muito próximo a 30.000 km/s ($3\cdot10^8$ m/s), mesma velocidade da luz, sendo assim, "iluminado" pela idéia de que a luz, a própria luz, fosse uma onda eletromagnética.

Lição 3 – Matéria e Radiação – um diálogo permanente de compreensão do mundo.

Matéria e Radiação – um diálogo permanente de compreensão do mundo.

Você já se perguntou como ocorre o funcionamento das portas de shoppings que se abrem sozinhas? Como um sistema de iluminação pode acender e apagar sozinho? Ou mesmo como sistemas de alarme ligam e desligam automaticamente?

Perguntas como essas são respondidas e explicadas através da interação da radiação com a matéria, como exemplo do efeito fotoelétrico. É ai que entra *Albert Einstein*!

Um pouco mais de História

No final do século XIX, em 1887, quando Hertz desenvolvia suas pesquisas para a geração e detecção de ondas eletromagnéticas, percebeu que o brilho das faíscas do transmissor. Hertz concluiu que ele era provocado pelas radiações ultravioleta emitida por essas faíscas e se acentuava quando a radiação incidia no terminal negativo de bronze polido do detector.

Philip Lenard, auxiliar de Hertz, identificou que a incidência de *radiação ultravioleta* arrancava elétrons de uma superfície metálica.

Diante desse fenômeno alguns impasses acabaram surgindo**.** Primeiro que Lenard notou que os elétrons eram arrancados com certa velocidade, e que a intensidade da luz não influenciava na velocidade com que esses elétrons eram ejetados, sendo influenciada somente pela freqüência da radiação incidente. A intensidade só influenciava no número de elétrons emitidos.

Nessa experiência, há três aspectos que não podem ser explicados em termos da *teoria ondulatória da luz.*

Uma dela é o fato de que com o aumento da intensidade da luz, deveria haver um aumento na energia cinética com que os elétrons eram ejetados, pois do ponto de vista da teoria ondulatória, aumentando-se a intensidade da luz, há um aumento da energia que essa radiação transporta, onde forçaria os elétrons a serem ejetados mais "violentamente". Outro aspecto é que esse efeito deveria ocorrer para qualquer freqüência da luz, desde que fosse intensa o bastante para fornecer energia aos elétrons, ejetando-os da superfície.

Por último, se a superfície fosse iluminada por uma luz fraca, de acordo com essa teoria, o elétron deveria absorver a energia luminosa até ter acumulado o bastante para escapar, ou seja, deveria haver um intervalo de tempo entre a absorção da energia da luz e a injeção do elétron. No entanto, nenhum retardo foi detectado.

Então, como a luz poderia arrancar um elétron?

Einstein propõe o modelo corpuscular para luz como forma de resolver o problema!!!

Vejamos!

Radiação com freqüência abaixo de certo valor mínimo não promove elétrons livre, não importando a intensidade da luz incidente. Essa intensidade corresponde à potência emitida pela fonte luminosa. A luz, além de apresentar um comportamento ondulatório, pode ser pensada como uma forma de energia transmitida por partículas denominadas *fótons*.

A energia **E** de cada fóton que constitui um feixe de luz é dada pela relação $\mathbf{E = h \cdot f}$ ou $\mathbf{E = h \cdot c / \lambda}$, onde **h** é a constante de Planck. Quanto mais intenso for um feixe de luz, maior é o número de fótons nele presente.

Quando o feixe incide sobre a superfície, cada elétron preso tem certa probabilidade de interagir com um fóton. Se a energia **h·f** do fóton for maior que a energia de ligação do elétron, denominada função trabalho **φ**, este pode ser libertado absorvendo toda a energia do fóton incidente, sendo que o excedente se convertido em energia cinética do elétron. O valor de função trabalho depende do material da superfície. Assim, para cada material, o efeito fotoelétrico ocorrerá apenas a partir de um valor mínimo da freqüência **f**.

Desse modo:

$$h \cdot f = \varphi + \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Essa equação é denominada equação fotoelétrica de Einstein.

Pois bem, esse efeito de arrancar elétrons, denominados de *efeito fotoelétrico,* que em geral é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou *semicondutora* é iluminada com luz numa certa faixa de freqüências foi percebido por Lenard em suas experiências. O efeito fotoelétrico é um exemplo de interação da radiação com a matéria.

Mas antes mesmo de Einstein ter proposto que a luz era constituída de pequenos pacotes de energia denominados fótons, em 1900 o físico teórico alemão Max Planck apresentou um artigo fornecendo a hipótese que corpos aquecidos (em especial, do chamado "corpo negro", que absorve toda radiação incidente) emitiam energia radiante em “pacotes” discretos, que ele chamou de quanta. Planck explicou os picos nas curvas de radiação do corpo negro relacionando a temperatura de um corpo negro com a intensidade da energia irradiada em um dado comprimento de onda, Ele dividiu a luz em “pacotes” ou quanta e atribuiu a cada um uma energia (E) relacionada com sua freqüência (f). Esse raciocínio levou à equação E=h·f, onde h era uma nova constante da natureza, hoje conhecida como constante de Planck. Era o nascimento oficial da Física Quântica.

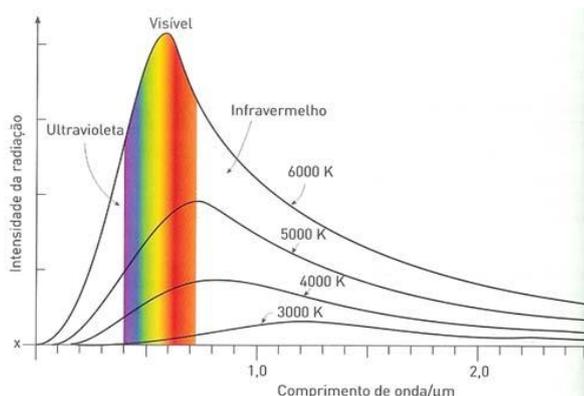



Figura – Curva de radiação do corpo negro

Voltando um pouco na História.

Na busca pela definição sobre a natureza da luz surgiram, no século XVII, duas correntes de pensamento científico: a teoria corpuscular da luz, que era defendida por Newton; e o modelo ondulatório da luz, que era defendido por Christian Huygens. Segundo Isaac, a luz era formada por partículas; já Huygens defendia a hipótese de que a luz era uma onda. Essas duas correntes provocaram intensas polêmicas entre os cientistas da época, fato esse que marcou a história da física.

Mas afinal de contas, a luz é onda ou partícula?

Para a Física desenvolvida naquela época, a luz era uma coisa ou outra e embora haja evidências incontestáveis da natureza corpuscular da luz, há também fenômenos luminosos que só se explicam adequadamente com a teoria ondulatória. Por isso, há quem diga ainda hoje que **a luz tem um caráter dual** – ou seja, caráter corpuscular e ondulatório. Dois comportamentos complementares, mas auto-excludentes, pois devemos ter em mente as diferenças que existem entre o conceito de corpúsculo (ou partícula) e o conceito de onda; uma partícula transporta matéria, uma onda não. Além disso, ondas as partículas exibem uma diferença notável: a idéia de partícula envolve algo espacialmente bem localizado, enquanto a idéia de onda envolve algo que se distribui no espaço.

A dualidade surge então em relação ao comportamento coletivo desse feixe, que é ondulatório. Por exemplo: A “ola” é uma das coreografias mais bonitas realizada pela torcida durante uma partida de futebol. Dizem que foi criada durante a Copa do Mundo no México, em 1986, para mais tarde se popularizar nos estádios do mundo todo.
Na Copa da África não foi diferente, e a coreografia lembra uma onda humana, executada pelos torcedores, que poderiam ser identificados perfeitamente como partículas.

O LDR e o efeito um tanto “moderno”

Hoje em dia se fala muito em energia solar, mas pouco se entende como se converte a energia abundante do sol em energia elétrica e é neste ponto que o efeito fotoelétrico revela uma de suas aplicações.

Os dispositivos que têm a capacidade de transformar energia luminosa, seja ela proveniente do Sol ou de qualquer outra fonte, em energia elétrica são chamados de fotocélulas, podendo funcionar como sensor capaz de medir a intensidade luminosa, como nos casos das portas de shoppings.

Outra aplicação do efeito fotoelétrico que nos traz grande comodidade são as ações automáticas como o acendimento de luzes. Além de as luzes acenderem no momento ideal (aquele em que a escuridão já começa a dominar o ambiente) diminuindo o consumo de energia, elas diminuem a extensão do sistema elétrico e a nossa intervenção.

Sistemas como esse tem seu princípio baseado no fato de que não havendo iluminação suficiente, há o acendimento das lâmpadas. Sistemas fotossensíveis a luz solar se utilizam do mesmo mecanismo. Enquanto há luz solar, os elétrons são emitidos em um dispositivo chamado **LDR** (resistência dependente da luz), e, que juntamente com o restante dos componentes do circuito, controla o acendimento automático das lâmpadas. Além disso, temos aplicações ao controle remoto, alarmes, abrimento automático de portas. Claro que esses sistemas diferem um pouco um do outro, mas no fundo todos se baseiam nesse efeito.

E o LDR, onde fica nisso tudo?

Devido à ação da luz incidente, os elétrons mais externos dos átomos da estrutura do material que compõem o sólido que constitui o LDR, são “arrancados”, passando a se mover livremente, sendo agora denominados portadores de carga, sendo possível agora conduzir corrente elétrica. Esse efeito, de arrancar elétrons, denominados de *efeito fotoelétrico*, que em geral, é observado, por exemplo, quando uma superfície metálica ou *semicondutora* é iluminada com luz numa certa faixa de freqüências, a essa contribuição da à condutividade aumenta com a intensidade da luz. Neste caso, elétrons ligados aos átomos são promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica. Já na ausência de luz, por exemplo, à noite, a resistência elétrica desse dispositivo (LDR) aumenta enormemente, uma vez que faltam elétrons livres. Uma das características técnicas do LDR é sua sensibilidade à radiação que se encontra na faixa da luz visível.

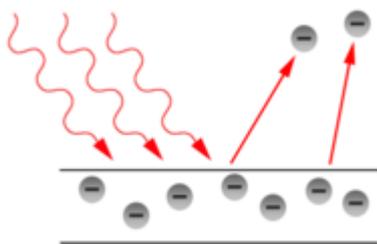



Figura - Ação da luz incidente arrancando os elétrons mais externos dos átomos da estrutura do material que compõem o sólido que constitui o LDR, passando a se mover livremente, sendo agora denominados portadores de carga, sendo possível agora conduzir corrente elétrica.

A intensidade da luz contribui para o aumento da condutividade, uma vez que a luz de determinada freqüência e mais intensa possui um número maior de fótons. Neste caso, um número maior de elétrons ligados aos átomos são promovidos a elétrons livres, capazes de conduzir corrente elétrica.

Já na ausência de luz, por exemplo, à noite, a resistência elétrica desse dispositivo (LDR) aumenta enormemente, uma vez que faltam elétrons livres (lembre que $R = U/i$; com U constante, se a corrente aumenta, a resistência diminui).

Fazendo uso de um ohmímetro, poderíamos notar que o valor da resistência do LDR diminui conforme ele vai sendo exposto à luz.

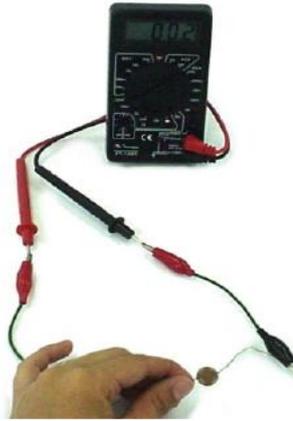



Figura: LDR exposto à luz.

Figura: LDR apresentando uma resistência maior devido a não exposição à luz.

Montando nosso sistema de iluminação

Materiais necessários

- ✓ 2 suportes de pilhas grandes
- ✓ 2 pilhas grandes de 1,5 V
- ✓ 14 garras tipo jacaré
- ✓ 1 lâmpada de 1,2 V (pingo d'água)
- ✓ 1 transistor BD 135,

- ✓ 1 resistência LDR (150.000 Ω, 1000 Ω)
- ✓ 1 resistência de 1000 Ω.
- ✓ 1 ferro de solda
- ✓ Solda
- ✓ 50 cm de cabinho,

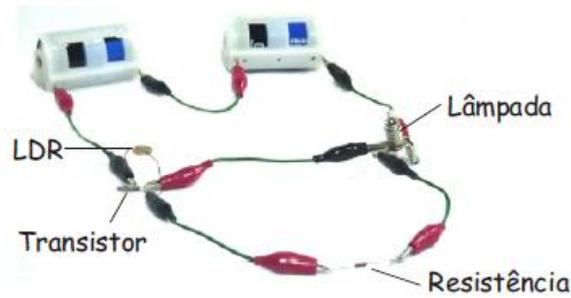
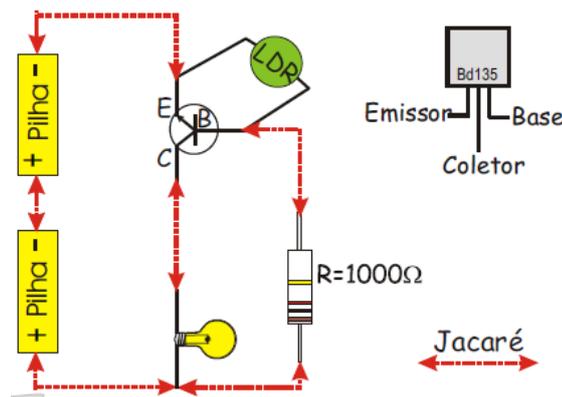
Montemos nosso circuito

Primeiramente, leia atentamente o manual de instruções do ferro de solda. Depois de feito isso, ligue o ferro e deixe-o esquentar. Depois corte, com a tesoura, 7 pedaços de cabinho de 10 cm cada. Em seguida, desencape uma pontinha (0,5 cm) de cada do cabinho. Dica: Na questão da solda, você não deve derreter o estanho no ferro de solda e depois colocar nos componentes e, sim encostar o ferro no lugar da solda e ir colocando o estanho, pois assim o terminal já estará quente e absorverá o estanho.

Exemplo:

Encoste o soldador na garra, e logo após a solda.

Enfie uma capinha em cada lado do cabinho. Coloque a porção desencapada do cabinho na parte maior da garra.

Agora você já sabe soldar e não será muito difícil montar o circuito ilustrado abaixo.

Para facilitar siga o esquema elétrico abaixo.

Para soldar os componentes coloque solda diretamente sobre os dispositivos elétricos aquecidos. A solda ao aquecer fica no preenche os espaços vazios, unindo as duas peças a soldar.

No caso do transistor você deve levar em consideração forma como ligá-lo, pois seus terminais devem ser conectados adequadamente no circuito.

Analisando o circuito

Deixe o LDR exposto à luz e observe o brilho da lâmpada. Em seguida tampe o LDR de modo que não passe luz por ele. Mais uma vez observe o brilho da lâmpada.

Não se esqueça de registrar as suas observações

Na situação em que o LDR encontra-se exposto a luz, o que se espera é que a lâmpada não acenda. Para que um transistor funcione perfeitamente é necessário que esteja corretamente ligado e que a tensão entre emissor e base assuma um determinado valor que irá variar de transistor para transistor. No caso do BD 135, deve haver um valor superior a 0,7 volts, coisa que não acontece quando a resistência do LDR é pequena (lembre-se do fato da resistência do LDR mudar conforme a exposição à luz).

Quando tampamos o LDR a lâmpada acende, e o valor da tensão entre emissor e base é de aproximadamente 0,76 V, então podemos afirmar que o transistor está se comportando como condutor. Isso porque a resistência do LDR aumentou, fazendo com que a tensão entre os terminais do emissor e base, aumentasse. Se expusermos gradativamente o LDR a luz, conforme ele vai sendo iluminado percebemos que o brilho da lâmpada diminui e, por conseguinte, a tensão também diminui até o valor de 0,70 V, quando a lâmpada já estará apagada e o LDR totalmente iluminado.

Referências bibliográficas

ANDRADE, NASCIMENTO e GERMANO. **Influencias da Física Moderna na Obra de Salvador Dalí.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 24, n. 3: p. 400-423, dez. 2007.

ASTOLFI, Jean Pierre e DEVELAY, Michel. **A Didática das Ciências.** 10ª ed. Campinas: Papirus, 2006.

BACHELARD, Gaston. **A formação do espírito científico, contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Tradução de Estela dos Santos Abreu. Rio de janeiro: Contraponto. 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio.** Brasília: MEC/SEMTEC, 1999.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PNC+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos parâmetros Curriculares nacionais**. Brasília, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio**, vol.2. Brasília, 2006.

CANOTO JÚNIOR, OSVALDO. **Texto e Contexto para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. São Paulo 2003. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo. Instituto de Física – Depto. Física Experimental.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. **O Currículo de Física: Inovações e Tendências nos Anos Noventa**. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre: IF-UFRGS, v. 1, n. 1, abr. 1996.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. **Física Moderna experimental**, Editora Manole, São Paulo, 2007.

CORRÊA, JOÃO A. ; et al. – **A Inserção da Física Moderna no Ensino Médio**. Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Curitiba, 2002.

ERTHAL, João P.C, LINHARES, Marília P. **A Física Das Radiações**. **Eletromagnéticas E O Cotidiano Dos Alunos Do** Ensino Médio: Construção De Uma Proposta De Ensino. Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, n.5, 2005.

EINSTEIN, Albert; INFELD, Leopold. **A evolução da física**. Rio de Janeiro: JZE. 2008.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 6ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1978.

GASPAR, Alberto. **Física**: São Paulo: Editora Ática, 2001. 3v

GRECA, I. M., MOREIRA, M. A. e HERSCOVITZ, V. E. (2001). **Uma proposta para o ensino de Mecânica Quântica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, 1(23), p. 444-457.

GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física. **Física 2: Física térmica e óptica; Física 3: Eletromagnetismo**. São Paulo: EDUSP, 1993.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual.** 9a ed, Editora Bookman, Porto Alegre, 2002.

LABURÚ, C. E., SIMÕES, A. M., URBANO, A. A. **Mexendo com polaróides e mostradores de cristais líquidos (o ensino de Física contemporânea tendo como pano de fundo a física do cotidiano)**. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 192-202, ago. 1998.

MOREIRA, M.A. **O Modelo Padrão da Física de Partículas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 1306-1 – 1306-11, mar. 2009.

MATTHEWS, Michael R. **História, Filosofia e Ensino de Ciências: A tendência atual de Reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v12. n.3:pág 164-214.

MÁXIMO, Antônio; ALVARENGA, Beatriz. 5. ed. **Curso de Física**. São Paulo: Editora: Scipione, 2000. 3 v

NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de Física Básica**. Ed. Edgard Blücher ltda.1998.

OLIVEIRA, R.J. "A crítica ao verbalismo a ao experimentalismo no ensino de química e física." Em:*Química Nova.* São Paulo, v 15 n.1, 1992.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Harbra, 1998.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física.** Tese de Doutorado. Instituto de Física – UFRGS. 2000.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. C**. Uma Revisão Bibliográfica Sobre a área de pesquisa em "Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". Porto alegre: revista** Investigações em Ensino de Ciências do Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, v.5, n. 1, mar. 2000.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. **Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais.** Cad.Cat.Ens.Fís., v. 16, n. 3: p. 267-286, dez. 1999.

PINTO, A.C., ZANETIC, J. **É Possível Levar a Física Quântica para o Ensino Médio?** Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 16, n. 1, p. 7 -34, 1999.

PORTELA, S. I. C. **Uso de casos históricos no ensino de física: exemplo em torno da temática do horror da natureza do vácuo.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências. Brasília: UnB, 2006.

SCHULZ, Peter A.. **Duas nuvens ainda fazem sombra na reputação de Lorde Kelvin**. *Rev. Bras. Ensino Fís.* [online]. 2007, vol.29, n.4, pp. 509-512. ISSN 1806-1117.

SIQUEIRA, M.R.P. **Do visível ao indivisível**: **uma proposta de Física de partículas elementares para o Ensino Médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

SILVA, E. L. **Contextualização no Ensino de Química: idéias e proposições de um grupo de professores.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

TERRAZAN, A. **A inserção da Física Moderna e contemporânea no ensino de Física na escola de 2o grau**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 9, n. 3: p. 209-214, dez. 1992, pag. 211.

TERRAZAN, A. **Perspectivas para inserção da Física Moderna na escola média.** Tese de Doutorado. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (USP), 1994.

TORRES C. M. A. **Física Ciência e Tecnologia**. São Paulo. Moderna. 2005.

VALADARES, E. C., MOREIRA, A. M. **Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro***. Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 15, n. 2, p. 121-135, ago.1998.

WESTPHAL, M., PINHEIRO, T. C. e TEIXEIRA, C. S. **PCN-EM: contextualização ou recontextualização.** In. XVI SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, 2005, Rio de Janeiro – R.J.. Atas do XVI SNEF – Simpósio Brasileiro de Ensino de Física, 2005.